

## Uso de SIG no diagnóstico ambiental municipal: estudo de caso no município de Colíder - MT

Paula Bernasconi<sup>1</sup>  
Ricardo Abad Meireles de Mendonça<sup>1</sup>  
Laurent Micol<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Centro de Vida – ICV  
Av. Ariosto da Riva no. 3473 – Alta Floresta, MT – Brasil  
{paula, ricardo, laurent}@icv.org.br

**Abstract.** This paper describes the technical procedures used by Instituto Centro de Vida's GIS Lab to provide subsidiary information to local municipal environmental management. The municipality of Colíder, situated in the infamous "deforestation arc" in north of Mato Grosso State, has cleared much of its forested areas to cattle pastures and agriculture fields, and is considered to be in a critical environmental state. Recently, the local government has shown interest in implementing environmental stewardship as part of its governmental strategies. Our goal is to provide information through geo-technologies in order to apply State Environmental Laws regarding riparian vegetation. We have used remote sensing and GIS technologies to map all of the permanent protection areas defined by law, and have estimated the cost of implementing activities aimed at restoring the area back to a functional forest. The results show that Colíder has 20,247 hectares of permanent protection areas in need of restoration, and that the total cost for this is of R\$ 27,900,276 in current value. The results have shown that geo-technologies provide important and relevant information to local environmental management. This work is part of a larger effort by ICV to help reduce illegal deforestation and restore riparian vegetation by providing technical support to partners, local governments and other social actors in the Portal da Amazônia.

Palavras-chave: Brazilian Amazon, deforestation, Amazônia Brasileira, desflorestamento, áreas de preservação permanente, cost recovery, custo recuperação

### 1. Introdução

O município de Colíder está localizado na região centro-norte do estado de Mato Grosso, próximo à rodovia BR-163, no bioma amazônico. Essa região teve colonização recente, iniciada na década de 1970, dependente de atividades de extração madeireira, agricultura, garimpo e mais recentemente da pecuária. Essas atividades produtivas provocaram o desmatamento de grandes áreas de cobertura florestal original, muitas vezes em proporção maior que a permitida por lei, por exemplo, nas Áreas de Preservação Permanentes – APPs e nas reservas legais. Pela sua localização e pelos altos índices de desmatamento a região é conhecida como "Arco do Desmatamento" da Amazônia.

Os municípios localizados nessa região têm tido uma grande exposição na mídia e uma pressão por parte do governo federal para que os índices de desmatamento sejam reduzidos e que as áreas degradadas sejam recuperadas. Além disso, há também o interesse por parte dos proprietários rurais que já desmataram além do permitido por lei de se regularizarem ambientalmente para adquirir o licenciamento ambiental estadual.

Frente a essa questão, há a necessidade de elaborar um planejamento ambiental para a região e o município já demonstrou interesse em ser pioneiro nessas ações. Para isso, a prioridade é a recuperação das áreas de preservação permanente (APPs) degradadas, principalmente as localizadas no entorno de rios e nascentes, pela sua importância para a garantia da qualidade e quantidade dos recursos hídricos para a região.

Neste contexto, é necessário primeiramente conhecer a realidade atual de uso do solo e a sua situação ambiental, principalmente em relação à conservação de áreas de preservação permanentes. Isso é fundamental para que sejam identificadas áreas críticas que devem ter prioridade nas ações de recuperação já que não é possível uma ação em toda a extensão municipal a princípio.

Para contribuir nesse processo, o Instituto Centro de Vida elaborou esse diagnóstico que tem como objetivo fornecer informações mais detalhadas sobre a cobertura e uso do solo atual e a degradação das APPs do município, assim como alternativas e custos estimados de recuperação para melhor subsidiar o trabalho de planejamento ambiental municipal.

## **2. Metodologia de Trabalho**

Para propiciar um melhor planejamento das áreas de preservação permanente do município optamos por utilizar como subunidade para as análises as micro-bacias hidrográficas. Para Bragagnolo e Pan (2001), “quando se trabalha nesta escala os resultados são mais rápidos e evidentes, pois há maior visualização dos problemas e participação da comunidade e do município na solução e equacionamento das questões ambientais”. Segundo Fernandes e Silva (1994) a subdivisão de uma bacia hidrográfica de maior ordem em seus componentes (sub-bacias) permite a pontualização de problemas difusos, tornando mais fácil a identificação de focos de degradação de recursos naturais, da natureza dos processos de degradação ambiental instalados e o grau de comprometimento da produção sustentada existente. O município de Colíder está localizado na grande bacia hidrográfica do Rio Amazonas, na sub-bacia do Rio Tapajós, que é formado pela bacia do Rio Juruena e do Rio Teles Pires, do qual o município faz parte.

Iniciamos o trabalho com a seleção e sistematização de todas as informações necessárias que estavam disponíveis para a realização do diagnóstico que eram as imagens multiespectrais do município, modelo de elevação do terreno e delimitação política e as bases a serem produzidas que era a malha hidrográfica e de nascentes e a divisão das micro-bacias hidrográficas.

Utilizamos imagens multi-espectrais do sensor TM do satélite LANDSAT 5, órbita/pontos 227/67-68-69 do dia 22/05/2008 disponível para download no *site* do INPE e o produto da SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) disponível para download no *site* da GLCF. Elas foram trabalhadas em Sistema de Informação Geográfica (SIG) no Sistema de Referência Geográfica *South American 1969* e as coordenadas foram projetadas para o Sistema de Projeção Cartográfica Universal Transversa de Mercator (UTM) Zona 21 hemisfério sul.

Para a delimitação do município utilizamos a base disponível para download no *site* do IBGE no formato *shapefile* e a base de estradas e áreas urbanas foram adquiridas da Secretaria de Estado de Meio Ambiente do Mato Grosso (SEMA-MT), também em formato *shapefile*.

Todas as operações de geoprocessamento como correção de erros topológicos, buffers, interseção e cálculos de área foram feitos nos aplicativos da ESRI.

### **2.1 Geração de bases cartográficas**

A base de hidrografia disponível na SEMA-MT não possuía a escala necessária para o detalhamento que o trabalho exigia, por isso produzimos uma base própria, assim como uma base de nascentes e uma de micro-bacias hidrográficas.

A malha hidrográfica unifilar (rios com largura menores que não tornavam possível o mapeamento das duas margens) foi digitalizada manualmente a uma escala de 1:10.000, interpretadas a partir da imagem multiespectral do INPE, gerando um arquivo com feições de linhas. A imagem foi visualizada em composição colorida RGB345 reamostradas por interpolação bilinear “*on the fly*”. A malha hidrográfica bifilar (rios com larguras maiores onde foi possível identificar a lâmina d’água), assim como as represas, foi obtida a partir da classificação da imagem TM, gerando uma base com feições de polígonos. Um detalhe do resultado do mapeamento pode ser visualizado na Figura 1.

As nascentes foram geradas automaticamente utilizando ferramentas disponíveis no EDIT TOOLS do ArcView 3.2, onde todos os vértices ‘soltos’ (*dangle nodes*) da hidrografia unifilar são transformados em feições de pontos e exportados como *shapefile*.

## 2.2 Mapeamento da Cobertura do Solo

Para a classificação da cobertura do solo utilizamos a imagem do sensor TM que foi georreferenciada utilizando uma imagem pancromática do sensor ETM+ ortorretificada. Utilizamos um algoritmo de classificação não supervisionada *Isocluster* para gerar seis classes de cobertura do solo. As classes foram denominadas posteriormente de acordo com a interpretação visual da imagem TM como: floresta, área de pastagem ou agricultura, solo exposto, área degradada com árvores, área degradada sem árvores e água. A classificação foi exportada para formato vetorial *shapefile* com o propósito de ser gerenciada pelo SIG da ESRI. Todas as operações de tratamento feitas na imagem, como ajustes de histograma, o registro e a classificação, foram feitas utilizando o ENVI 4.5 da ITT Visual Information Solutions.

## 2.3 Delimitação das Áreas de Preservação Permanentes

Para delimitar as APPs utilizamos as três feições espaciais geradas (nascentes, hidrografia unifilar e bifilar) e delimitamos automaticamente a zona de tamponamento correspondente à APP (*buffer*) através de operações de geoprocessamento, de acordo com exigências da legislação ambiental estadual, que é mais restritiva que a federal. A automatização foi feita através de um script utilizando o *model builder* do ArcToolbox.

O código ambiental do Estado de MT (Lei Complementar nº38 de 2005) define que as APPs são áreas que devem ter cobertura vegetal original em 100 metros ao entorno de nascentes, 50 metros no entorno dos cursos d’água com menos de 50 metros de largura (malha hidrográfica unifilar) e proporcional à largura da malha hidrográfica bifilar na seguinte maneira: 100 metros de tamponamento para largura entre 50 e 200 metros; 200 metros para largura entre 200 e 500 metros e 600 metros para larguras acima de 500 metros.

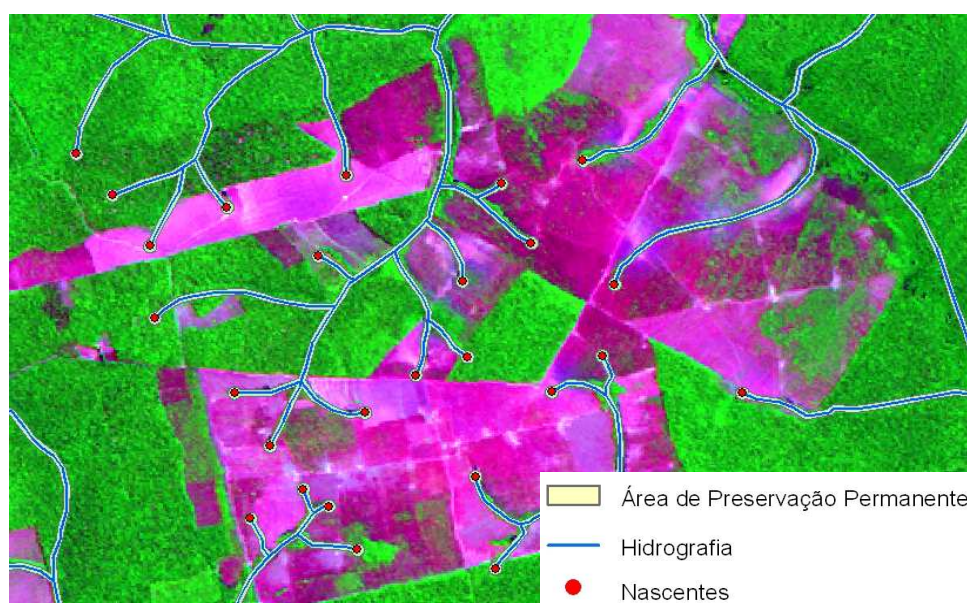


Figura 1. Detalhe do mapeamento da hidrografia, nascentes e APP usando imagem Landsat.

A geração das sub-bacias hidrográficas foi feita de forma semi-automática utilizando a imagem SRTM e a hidrografia unifilar em formato *shapefile*. Com a ferramenta “*Watershed Delineation*” do aplicativo *MapWindow*, disponível gratuitamente pela internet, define-se a

área média desejada para as micro-bacias e a feição de polígono representando as micro-bacias hidrográficas é criada em formato *shapefile*.

## 2.4 Análises Espaciais

Com as bases necessárias produzidas realizamos análises de sobreposição entre as feições de classes da cobertura do solo com as APPs e com as sub-bacias. As APPs localizadas em áreas com cobertura do solo diferente de “floresta” foram consideradas como APPs degradadas, onde é necessário uma intervenção para recuperação.

Para estimar o custo por hectare para recuperação das APPs relacionamos um custo de recuperação médio de acordo com a cobertura atual do solo. As APPs que estão classificadas como solo exposto são as áreas mais difíceis de serem recuperadas, pois necessitam de uma maior intervenção o custo estimado de recuperação por hectare é em torno de R\$5 mil reais, incluindo custos de plantio de mudas, mão de obra, manutenção e instalação de cerca. Para as APPs que estão em área de agricultura ou pastagem, propusemos a utilização da técnica de plantio de sementes e mudas, além da instalação de cerca, que teria um custo estimado de R\$ 2 mil reais por hectare. Nas APPs que estão em áreas com vegetação degradada sem a presença de árvores, além da instalação de cerca é necessário complementar a recomposição com plantio de mudas de espécies nativas, que teriam um custo total estimado de R\$1 mil reais por hectare, incluindo todos os custos de plantio. Para áreas com vegetação degradada com árvores, consideramos que a recuperação pode ser conduzida apenas pela instalação de cerca para impedir a continuidade dos processos degradativos, como a presença de gado, e esse cercamento teria custo estimado de R\$ 500 reais por hectare.

## 3. Resultados e Discussão

Através das análises realizadas foi possível identificar a situação atual do município a respeito da conservação das APPs e de seu déficit em relação à legislação ambiental em vigência. Da área total do município de Colíder que é de cerca de 304 mil hectares, 87 mil hectares (28,7%) permanecem com cobertura florestal. O restante, 216 mil hectares (71%), está degradado e está dividido hoje em 74 mil hectares (24,5%) de pastagem ou agricultura, 48 mil hectares (15,9%) de área degradada com árvores, 50 mil hectares (16,6%) de área degradada e 35 mil hectares (11,5%) de solo exposto sem árvores como visto na Tabela 1 e na Figura 2. Uma área da imagem de satélite de cerca de 638 hectares (0,2%) estava coberta por nuvens e não foi possível realizar a classificação do uso do solo.

Tabela 1. Composição das classes de cobertura e uso do solo de Colíder -MT

<i>Classe</i>	<i>Área (ha)</i>	<i>%</i>
Água	7.002	2,3
Floresta	87.317	28,7
Área degradada com árvores	48.387	15,9
Área degradada sem árvores	50.750	16,6
Agricultura ou Pastagem	74.671	24,5
Solo Exposto	35.209	11,5
Nuvem	638	0,2
Total	303.974	100

A base hidrográfica final do município identificou que o município possui três mil e quinhentos quilômetros (3,5 mil quilômetros) de rios e 1.711 nascentes, que possuem uma área de APP relacionada a eles de 34 mil hectares. Desse total de APP, apenas 14 mil hectares (40%) estão preservados com cobertura florestal.



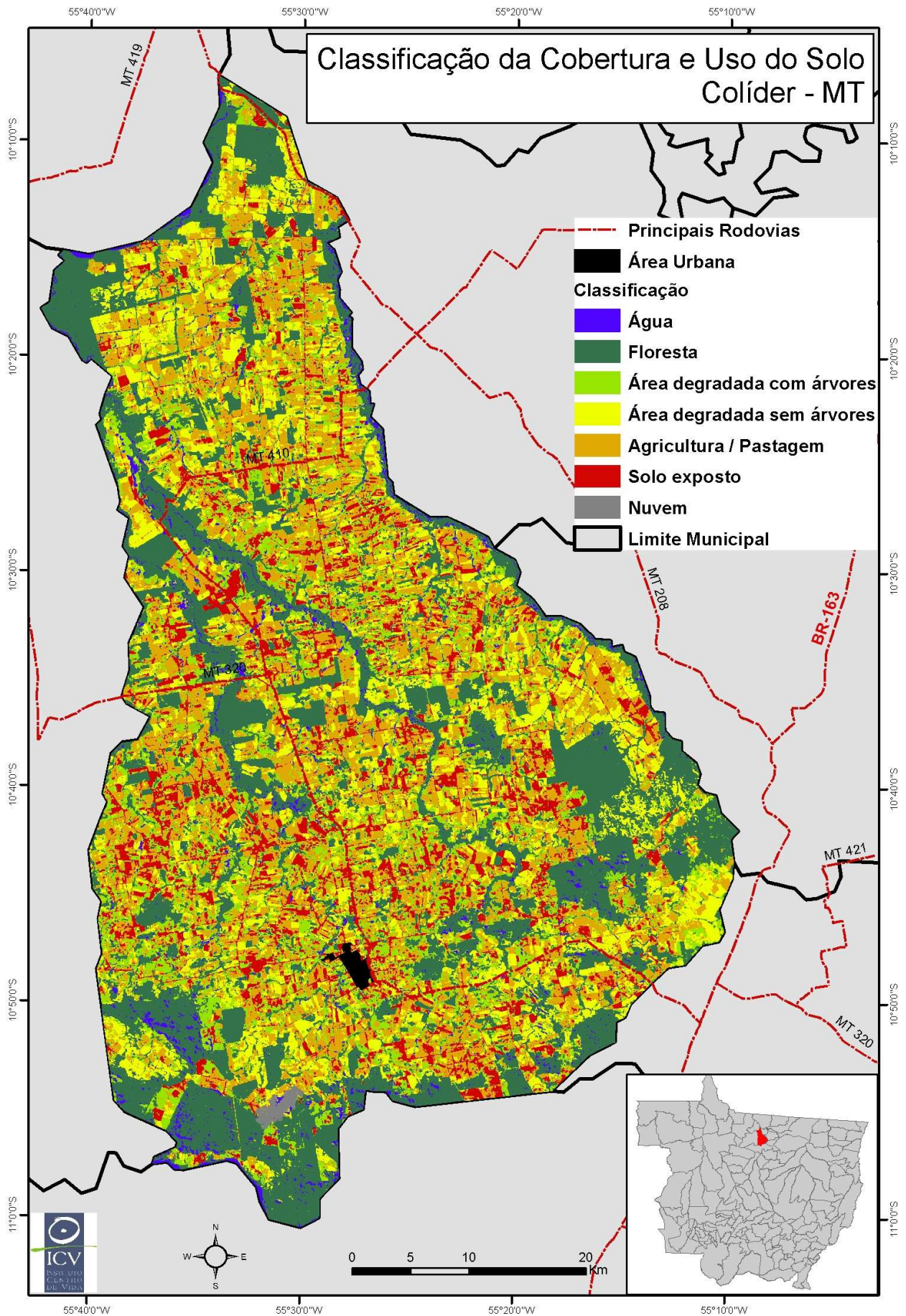


Figura 2. Classificação da cobertura e uso do solo no município de Colíder - MT

Os 20 mil hectares restantes (60%) não apresentam a cobertura do solo com florestas, e devem, então, ser recuperados. Nessa situação estão 10,3 mil hectares de área degradada com árvores (30,5%), 3,6 mil hectares de área degradada sem árvores (10,5%), 4,1 mil hectares de pastagem ou agricultura (12,2%) e 2,1 mil hectares de solo exposto (6,4%) como mostra a Tabela 2.

Tabela 2. Situação da cobertura e uso do solo nas APP em Colíder -MT

<i>Uso do solo em APPs</i>	<i>Área total (ha)</i>	<i>%</i>
APP com cobertura florestal	13.755	40,4
APP a recuperar	20.278	59,6
- Área degradada com árvores	10.367	30,5
- Área degradada sem árvores	3.590	10,5
- Agricultura / Pastagem	4.150	12,2
- Solo exposto	2.171	6,4
<b>Total de APP</b>	<b>34.033</b>	<b>100</b>

Esses dados foram cruzados com os limites das micro-bacias resultando numa análise da situação de preservação de APP para cada micro-bacia do município. Após a quantificação da área de APP a recuperar para cada micro-bacia elas foram divididas em 4 classes de acordo com a área de APP a recuperar. Das 114 micro-bacias de Colíder, 52 apresentam área de APP a recuperar menor que 100 hectares, 36 apresentam área de APP a recuperar entre 10 e 300 hectares, 20 apresentam área de APP a recuperar entre 300 e 500 hectares e 6 apresentam área de APP a recuperar entre 500 e 1.200 hectares como mostra a Tabela 3.

Tabela 3. Quantidade de APP a recuperar por micro-bacias em Colíder

<i>Quantidade de APP a recuperar</i>	<i>N de bacias</i>	<i>Área a recuperar (ha)</i>
Até 100 ha	52	1.207
100 a 300 ha	36	7.391
300 a 500 ha	20	7.424
500 a 1,2 mil ha	6	4.225
<b>Total</b>	<b>114</b>	<b>20.247</b>

Aplicando os custos estimados para recuperação em cada tipo de uso do solo nas APPs degradadas calculamos o custo estimado de recuperação de todas as APPs degradadas do município, que resultou em cerca de R\$ 28 milhões. Para obter um resultado do custo de recuperação para cada sub-bacia, aplicamos esse cálculo para cada uma delas e as dividimos em quatro classes, de acordo com seu custo de recuperação. Das 114 bacias do município, 54 têm custo de recuperação de até R\$150 mil, 32 têm custo entre R\$150 mil e R\$400 mil, 21 têm custo entre R\$400 e R\$700 mil e sete tem custo entre R\$700 mil e R\$1,3 milhões como mostra a Tabela 4 e na Figura 3.

Tabela 4. Custo estimado para recuperação de APP por micro-bacia em Colíder - MT.

<i>Custo por micro-bacia</i>	<i>N de bacias</i>	<i>Custo total</i>
Até R\$150 mil	54	R\$ 1.832.785
R\$150 mil a R\$400 mil	32	R\$ 8.855.988
R\$400 a R\$700 mil	21	R\$ 10.819.400
R\$700 a R\$1,3 milhões	7	R\$ 6.392.101
<b>Total do município</b>	<b>114</b>	<b>R\$ 27.900.276</b>



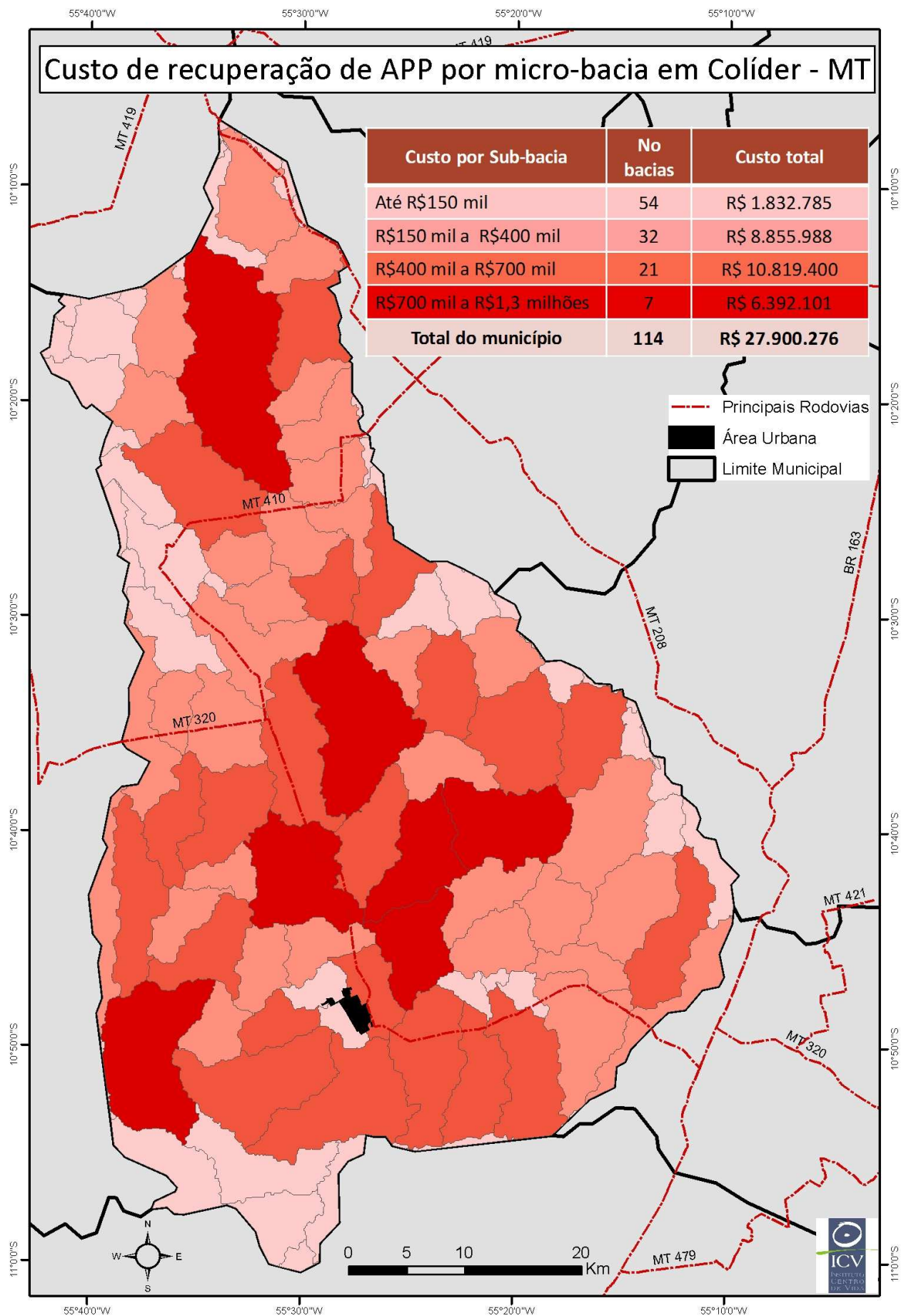


Figura 3. Custo estimado de recuperação de APP por micro-bacia de Colíder – MT

#### 4. Conclusões

Para se obter um diagnóstico ambiental preciso em um município com grandes extensões como Colíder normalmente seriam necessários altos custos de logísticas com visitas a campo e um longo período de espera antes dos resultados.

A metodologia empregada através de ferramentas de SIG possibilitou dar uma visão geral da situação ambiental do município e ainda gerou bases fundamentais para a gestão ambiental municipal de forma rápida e com um baixo custo através de análises em laboratório e o uso de imagens de satélite disponibilizadas gratuitamente pelo INPE.

Os resultados do diagnóstico ambiental mostram que o município está em uma situação ambiental crítica e que devem ser adotadas medidas urgentes para a recuperação das áreas degradadas através de um planejamento com o apoio dos gestores municipais. Através dos resultados é possível focar a atenção dos gestores para as áreas mais críticas e planejar a ação de forma mais precisa trazendo melhores resultados.

Esperamos que o diagnóstico apresentado seja uma ferramenta útil para os planejadores municipais e que as ações de recuperação aconteçam da forma mais eficiente possível para que a situação ambiental do município seja revertida e que os recursos hídricos da região sejam conservados.

#### Agradecimentos

Agradecemos ao INPE por disponibilizar gratuitamente as imagens de satélite usadas neste trabalho e à SEMA-MT pela parceria no compartilhamento das bases de dados.

Agradecemos à toda equipe do Instituto Centro de Vida – ICV, principalmente aos colegas do Laboratório de Monitoramento e Planejamento da Paisagem pelo apoio e amizade na realização deste e de outros trabalhos.

#### Referências Bibliográficas

Bragagnolo, N.; Pan, W. **A experiência de programas de manejo e conservação dos recursos naturais em microbacias hidrográficas: uma contribuição para o gerenciamento dos recursos hídricos**. Curitiba: Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social, 2001.

Fernandes, M.R.; Silva, J. C. **Programa Estadual de Manejo de Sub-Bacias Hidrográficas: Fundamentos e estratégias** - Belo Horizonte: EMATER-MG. 1994.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Mapeamento das Unidades Territoriais – Produtos. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/territ\\_doc2.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/territ_doc2.shtm)>. Acesso em 12.dez.2007.

INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Catálogo de imagens dos satélites Landsat e CBERS. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em 05.mar.2008.

USGS. Global Land Cover Facility - The Shuttle Radar Topography Mission. Disponível em: <<http://glcf.umiacs.umd.edu/data/srtm/>>. Acesso em 20.jan.2008.